

ANALISIS TEKNIS DAN PELUANG PENGEMBANGAN INOVASI TEKNOLOGI BIOFLOK UNTUK OPTIMALISASI PRODUKSI IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) BERKELANJUTAN

*(Technical Analysis And Development Opportunities For Biofloc Technology Innovations In Optimizing Sustainable Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Production)*

Ayi Yustiati ^{1)*}, Desi Sartika ²⁾

¹⁾ Dosen Program Studi Magister Perikanan, Universitas Padjadjaran, 45363, Sumedang, Indonesia

²⁾ Mahasiswa Program Studi Magister Perikanan, Universitas Padjadjaran, 45363, Sumedang, Indonesia

*Korespondensi Author: yustiati@mail.unpad.ac.id,

Diterima: 10 Mei 2026 ; Disetujui: 13 Mei 2026 ; Dipublikasikan: 30 Juni 2026

Keywords:
Innovation;
Biofloc;
Tilapia;
Sustainable.

Kata kunci:
Inovasi;
Bioflok;
Ikan Nila;
Berkelanjutan.

ABSTRACT:

*Tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivation still faces various obstacles, such as declining water quality and high production costs. Biofloc technology is one of the innovations that has the potential to increase the efficiency and productivity of cultivation in a sustainable manner. This research was conducted to analyze the technical aspects and opportunities for the development of biofloc technology in optimizing tilapia production. The purpose of the research is to get innovations in the development of optimal tilapia biofloc technology. The research method used is descriptive exploratory with a Systematic Literature Review (SLR) approach. The procedures for searching, article selection, data extraction, and reporting refer to the PRISMA 2020 27 item checklist. The results of the study show that there are four types of biofloc technology innovations in tilapia that are the most optimal, namely Biofloc without buffer media (Suspended-Growth systems), the integration of bioflocs with aquaponics systems and Recirculating Aquaculture Systems (RAS), and the application of the Internet of Things (IoT). The implementation of the tilapia biofloc innovation has a positive effect on increasing tilapia production in a sustainable manner.*

ABSTRAK:

Budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) masih menghadapi berbagai kendala, seperti kualitas air yang menurun dan tingginya biaya produksi. Teknologi bioflok menjadi salah satu inovasi yang berpotensi meningkatkan efisiensi dan produktivitas budidaya secara berkelanjutan. penelitian ini dilakukan untuk menganalisis aspek teknis dan peluang pengembangan teknologi bioflok dalam mengoptimalkan produksi ikan nila.. Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan inovasi pengembangan teknologi bioflok ikan nila yang optimal. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif eksploratif dengan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR). Prosedur pencarian, seleksi artikel, ekstraksi data, dan pelaporan mengacu pada *PRISMA 2020 27 item checklist*. Hasil penelitian menunjukkan adanya empat jenis inovasi teknologi bioflok pada ikan nila yang paling optimal yaitu Bioflok tanpa media penyangga (*Suspended-Growth systems*), integrasi bioflok dengan sistem akuaponik dan *Recirculating Aquaculture System* (RAS), serta penerapan *Internet of Things* (IoT). Implementasi Inovasi bioflok ikan nila tersebut berpengaruh positif pada peningkatan produksi ikan nila secara berkelanjutan.

PENDAHULUAN

Sektor perikanan budi daya mencatatkan peningkatan produksi yang signifikan, tumbuh sebesar 21,94% dari 5,23 juta ton pada tahun 2020 menjadi 6,37 juta ton pada tahun 2024. Komoditas tilapia mengalami pertumbuhan pesat, dimana Indonesia menjadi produsen terbesar kedua dengan produksi 1,44 juta ton, sebagian besar untuk konsumsi domestik, namun eksportnya terus meningkat dengan nilai USD 81,77 juta pada tahun 2023 (KKP, 2025). Pada tahun 2024, tilapia tercatat sebagai komoditas dengan tingkat serapan tertinggi mencapai 1.32 juta ton, disusul tongkol (0,74 juta ton), kembang (0,72 juta ton), lele (0,59 juta ton), dan bandeng (0,52 juta ton). Data ini menunjukkan pola konsumsi masyarakat yang cenderung terfokus pada jenis-jenis ikan yang lebih mudah diakses dan selalu tersedia di pasar (KKP, 2024).

Reformasi sistem akuakultur Indonesia bertumpu pada tiga pilar utama yaitu adopsi inovasi teknologi, penerapan prinsip ekonomi biru keberlanjutan serta tata kelola. Ketiga pilar tersebut harus dikembangkan secara simultan dan terintegrasi agar tercipta pembangunan akuakultur yang modern dan tangguh (Pattinasarany, 2026). Pilar teknologi mencakup seluruh inovasi teknologi. Di tingkat *on-farm* dilaksanakan dengan pengembangan sistem

budidaya presisi seperti *Recirculating Aquaculture System* (RAS), *Biofloc Technology* (BFT) serta penggunaan sensor *Internet of Things* (IoT) sebagai pemantau kualitas air secara *real-time*. BFT menawarkan jalur menuju keberlanjutan melalui proses daur ulang nutrisi oleh komunitas mikroba (Yu et al., 2023). Sementara itu, tinjauan interdisipliner mutakhir menekankan pentingnya integrasi BFT dengan model sistem akuakultur lainnya untuk menyeimbangkan manfaat lingkungan dan ekonomi pada budidaya intensif, yang relevan bagi perancangan sistem budidaya tangguh terhadap perubahan iklim (Li et al., 2025).

Budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu sektor perikanan air tawar yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan berperan penting dalam memenuhi kebutuhan pangan masyarakat. Namun, peningkatan produksi ikan nila masih menghadapi berbagai kendala, seperti keterbatasan kualitas air, tingginya biaya pakan, serta dampak lingkungan akibat akumulasi limbah budidaya. Kondisi tersebut menuntut penerapan teknologi budidaya yang lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan.

Teknologi bioflok menjadi salah satu inovasi yang dinilai mampu mengatasi permasalahan tersebut melalui pemanfaatan mikroorganisme untuk mengolah limbah organik menjadi biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan alami. Penerapan teknologi ini berpotensi

meningkatkan efisiensi penggunaan pakan, memperbaiki kualitas air, meningkatkan produktivitas budidaya, serta mengurangi dampak pencemaran lingkungan. Meskipun demikian, keberhasilan penerapan bioflok sangat dipengaruhi oleh aspek teknis pengelolaan dan peluang pengembangannya sesuai dengan kondisi budidaya di lapangan.

Bioflok saat ini ditetapkan sebagai salah satu jenis sistem akuakultur yang diterapkan pada “Program Prioritas Budidaya Tematik Bioflok Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP)” periode tahun 2025-2029 (KKP, 2025). Calon penerima manfaat adalah Koperasi Desa/Kelurahan Merah Putih (KDKMP) berjumlah 343 unit di Kabupaten Majalengka yang pada umumnya belum mengetahui

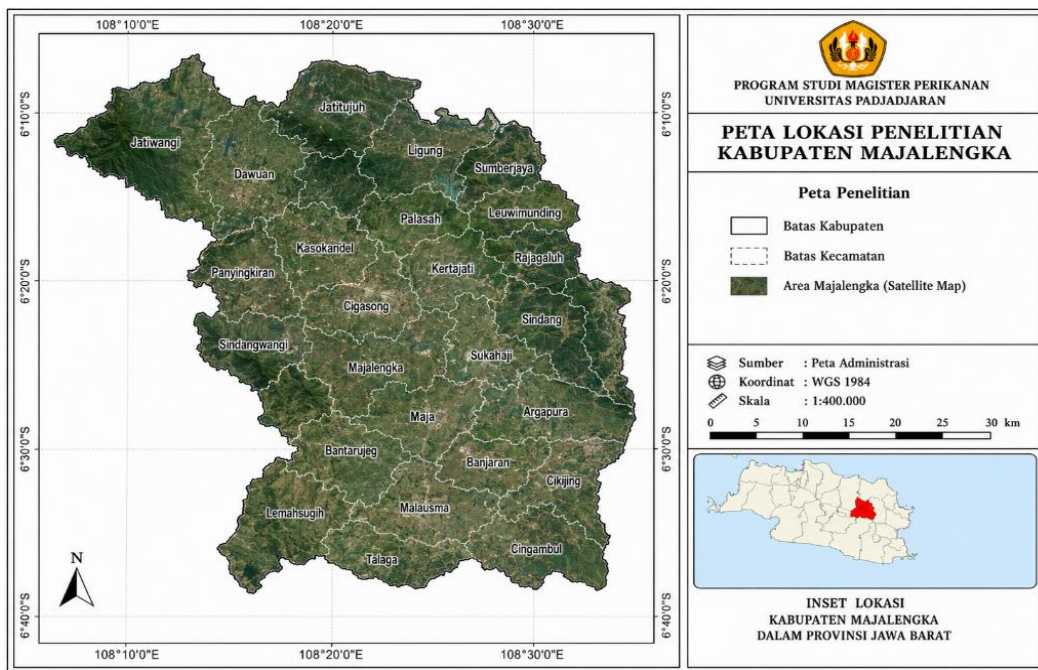
tentang BFT. Informasi ilmiah mengenai BFT dan inovasi pengembangan sangat diperlukan agar KDKMP di Kabupaten Majalengka dapat melaksanakan program dengan baik.

Tujuan dari penelitian ini adalah mensintesis dan menganalisis bukti ilmiah adanya inovasi pengembangan BFT ikan nila agar mendapatkan hasil sistem inovasi BFT yang optimal dalam mendukung peningkatan produksi ikan nila yang berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Pengamatan dilakukan pada bulan Maret - Mei 2026. Lokasi penelitian dilakukan pada wilayah Kabupaten Majalengka melalui kajian literatur dalam menganalisis inovasi teknologi bioflok yang optimal.



Gambar 1. Peta lokasi Kabupaten Majalengka
Figure 1. Location Map of Majalengka Regency

Sumber Data dan Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) dengan mengikuti panduan pada "The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews" (Page et al., 2021). Pendekatan ini digunakan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis literatur ilmiah mengenai penerapan teknologi bioflok dalam budidaya ikan nila. Metode yang digunakan adalah metode deskriptif eksploratif. Data diperoleh dari hasil penelaahan terhadap jurnal serta *e-book* skala nasional dan internasional yang diperoleh melalui basis data pada *Google Scholar*, *website* Sinta serta publikasi dan laporan pemerintah. Periode publikasi yang ditinjau dibatasi pada tahun 2015 – 2026 untuk memperoleh perkembangan teknologi terkini. Jumlah awal untuk literatur yang ditelaah mencapai 50 artikel baik berupa *e-book* maupun jurnal.

Analisis Data

David Collier menjelaskan bahwa metode analisis komparatif merupakan bentuk perbandingan sistematis terhadap sejumlah kasus dan dapat digunakan untuk memperjelas konsep, mengidentifikasi persamaan dan perbedaan, membangun teori, serta membantu peneliti menemukan pola hubungan antarfenomena (Collier, 1993). Menurut Istigfarini (2025), untuk menjaga kualitas analisis dan ketepatan fokus penelitian, dilakukan proses seleksi ketat terhadap

artikel-artikel tersebut. Proses seleksi tersebut menghasilkan 16 artikel yang digunakan sebagai bahan analisis utama. Data yang diperoleh kemudian dikelompokkan berdasarkan tema-tema tertentu yang relevan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fakta ilmiah Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Nila Merupakan salah satu komoditas unggulan budidaya air tawar. Dengan adanya teknologi Bioflok dan RAS, budidaya Nila akan makin efisien dan ramah lingkungan (Sinaga, 2025). Ikan Nila memiliki karakteristik: cepat tumbuh, mudah beradaptasi dengan lingkungan, relative tahan terhadap perubahan lingkungan dan serangan penyakit, efektif memanfaatkan berbagai sumber makanan, mudah tumbuh pada budidaya system intensif serta disukai konsumen (Sucipto, 2024).

Menurut Dailami (2021) terdapat sekitar 21 jenis ikan nila di Indonesia, namun yang umum dikenal oleh masyarakat adalah : Nila Jatimbulan (Jawa Timur Umbulan), Nila Larasati, Nila GIFT (Genetic Improvement of Farmed Tilapias), Nila GESIT, Nila Sultana (Strain Unggul Salabintana), Nila Nirwana (Nila Ras Wanayasa), Nirwana II, III, Nila BEST(Bogor Enhanced Strain Tilapia) serta Nila Srikandi (Sri Pudji Strain Sukamandi).

Budidaya Ikan Sistem Biofloc Technology (BFT)

Teknologi bioflok mulai berkembang pada awal tahun 1970-an di *French Research Institute for Exploitation of the Sea (IFREMER)* di Tahiti, Polinesia Prancis. *Biofloc Technology (BFT)* merupakan sistem produksi berbasis mikroba, di mana proses pengelolaan kualitas air dan pemanfaatan unsur hara berlangsung secara *in situ*. Istilah “bioflok” mencakup berbagai sistem produksi akuakultur yang mengandalkan kombinasi aktivitas mikroba heterotrofik dan autotrofik untuk menjaga kualitas air. Sejumlah variasi sistem bioflok telah dikembangkan dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti lokasi usaha, tingkat intensifikasi budidaya (superintensif, semiintensif, atau intensif), serta prosedur teknis yang diterapkan. Menurut Raza (2024) terdapat beberapa empat tipe sistem bioflok yaitu (1) Tanpa Media Penyangga (*Suspended-Growth Systems*), (2) Dengan Media Bergerak (*Attached-Growth Biofiltration*), (3) *Moving Bed Biofilm Reactor*, dan (4) Teknologi Perifiton. Sistem yang banyak diterapkan pada budidaya di Indonesia adalah sistem Tanpa Media Penyangga (SGS)

Bioflok Tanpa Media Penyangga (SGS)

Suspended-Growth systems (SGS) dikenal juga sebagai sistem “*Algae, Bacteria, Zooplankton, and Detritus (ALBAZOD)*” (Hargreaves, 2006). Dalam

sistem bioflok ini mikroorganisme dan partikel organik tumbuh dalam keadaan tersuspensi di kolom air. Flok mikrobiologis terbentuk melalui penyesuaian rasio C/N (misalnya penambahan sumber karbohidrat) dan aerasi berkelanjutan untuk menjaga kolom air dalam kondisi tercampur dan mencegah pengendapan. Suspensi flok ini dimanfaatkan ikan sebagai sumber pakan alami sekaligus berperan dalam proses bioremediasi nutrien selama masa pemeliharaan. Sistem ini memerlukan substrat seperti sumber karbon organik, amonia (NH₃), dan nitrit (NO₂), disertai aerasi yang kuat. Kombinasi tersebut menjaga substrat dan komunitas mikroba tetap tersuspensi, sehingga meningkatkan luas permukaan yang tersedia bagi aktivitas bakteri

Ragam Inovasi Pengembangan Bioflok pada budidaya Ikan Nila

Hasil penelusuran secara SLR terhadap berbagai jurnal dengan topik perikanan maka terdapat tiga klasifikasi inovasi sistem teknologi bioflok ikan nila yaitu: (1) Bioflok tanpa media penyangga, (2) penggabungan bioflok dengan teknologi budidaya lainnya, (3) *penerapan Internet of Things (IoT)* pada bioflok. Dari klasifikasi tersebut diharapkan dapat memberikan hasil yang menunjukkan adanya sistem bioflok ikan nila yang optimal.

Bioflok ikan nila tanpa media penyangga (*Suspended-Growth Systems*)

Metode penelitian bioflok nila pada umumnya menerapkan perbedaan perlakuan pada padat tebar, frekwensi pemberian pakan, kualitas air, perkembangan flok serta sumber karbon. Ikan nila merupakan ikan euryhaline yang mampu hidup dalam rentang salinitas yang lebar. Sehingga ikan nila memiliki potensi besar untuk

dibudidayakan pada daerah pesisir dengan media air payau pada kadar salinitas mulai dari 5-20 ppt (Effendi, 2017) selanjutnya disebut nila salin. Parameter utama yang diamati pada tiap perlakuan adalah *Food Covertion Ratio (FCR)*, *Survival Rate (SR)* dan *Feeding Rate (FR)*. Hasil penelitian pada beberapa design bioflok nila yang berbeda dapat dilihat pada table 1 berikut.

Tabel 1. Hasil penelitian bioflok ikan nila tanpa media penyangga
Table 1. Research results on tilapia BFT using suspended-growth systems

Desain Bioflok Nila	Hasil Utama			Referensi
	FCR	SR (%)	FR (%)	
Bioflok dengan padat tebar berbeda	1,07	97,8	99,36	Yunarty, et. al, 2021
Bioflok dengan frekwensi pemberian pakan yang berbeda	-	91,66	96,73	Putra et.al, 2022
Bioflok dengan kualitas air dan perkembangan flok berbeda	1,2	97	-	Safsafubun, et. al, 2023
Bioflok dengan sumber carbon berbeda	0,7	95	-	Sukardi, et. al, 2018
Biflok pada Nila Salin	1,06	98%	-	Muktitama, et. al, 2025

Penelitian bioflok ikan nila dengan perlakuan padat tebar berbeda menghasilkan nilai kadar bioflok yang diperoleh pada kedua perlakuan berkisar antara 2-12 mL/L dan kualitas air dalam kisaran normal. Ikan nila yang dipelihara dengan bioflok pada kepadatan 120 ekor/m³ merupakan perlakuan terbaik. Penelitian bioflok dengan frekwensi pemberian pakan yang berbeda menunjukkan bahwa perlakuan frekuensi pemberiaan pakan 2 kali/hari merupakan perlakuan terbaik menghasilkan pertumbuhan bobot mutlak $23,07 \pm 0,89$ g; laju pertumbuhan harian $3,23 \pm 0,05\%$; sintasan $91,66 \pm 3,60\%$; dan efisiensi pakan $96,73 \pm 6,70\%$. Penelitian dengan tingkat kualitas air berbeda akan menghasilkan perkembangan flok

yang berbeda juga. Penelitian bioflok yang menggunakan sumber carbon berbeda menyatakan bahwa penambahan sumber karbon berupa tepung tapioca meningkatkan pertumbuhan dan produksi. Penelitian pada jenis ikan nila salin menunjukkan hasil bahwa budidaya nila salin sebaiknya dilakukan dengan sistem bioflok.

Perpaduan pemberian sumber carbon, molase dan probiotik pada bioflok sistem SGS ini secara umum memberikan pengaruh positif pada parameter penelitian. Penelitian Efendy (2023) tentang pengaruh pemberian probiotik yang berbeda pada ikan lele menunjukkan hasil bahwa penggunaan probiotik dengan jenis berbeda berpengaruh

nyata terhadap pertumbuhan ikan lele (*Clarias gariepinus*) perlakuan terbaik pada probiotik konsorsium YEB dengan rata-rata bobot terakhir 24,4 kg dengan panjang 20,724 cm. Hasil penelitian Rahmania (2023) tentang penambahan tepung rumput laut *eucheumaa cottonii* hasil fermentasi bioflokulan pada pakan komersil ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan adanya fermentasi bioflokulan menunjukkan bahwa penambahan tepung *E. cottonii* hasil fermentasi bioflokulan pada pakan komersil dapat meningkatkan berat mutlak dan panjang mutlak ikan nila (*O. niloticus*).

Integrasi Bioflok dengan *Recirculating Aquaculture System* (RAS)

Recirculating Aquaculture System (RAS) merupakan system budidaya ikan secara intensif dengan menggunakan infrastruktur yang memungkinkan pemanfaatan air secara terus menerus (resirkulasi air), seperti filter fisik, filter biologi, filter kimia, *Ultra Violet* (UV) dan generator oksigen. Teknologi system RAS dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan padatan terlarut. Sistem ini dibuat secara tertutup yang dapat menunjang produksi ikan dan udang sepanjang tahun. Dengan menggunakan system RAS ikan yang dibudidayakan akan lebih sehat dan kadar sirkulasi makanan (*food circulation rate*) lebih rendah daripada budidaya ikan konvensional. Kepadatan ikan dalam system

RAS dapat dibuat sampai 0,350 kg/L atau lebih (Yustiati, et.al, 2020).

Penelitian performa budidaya ikan nila (*Oreochromis sp.*) pada sistem kombinasi bioflok dan resirkulasi bertujuan untuk mengetahui performa teknologi budidaya sistem resirkulasi yang dikombinasikan dengan sistem bioflok pada ikan nila (*Oreochromis sp.*). Performa yang dimaksud meliputi pertumbuhan, kelangsungan hidup, konversi pakan, dan kualitas air yang diperoleh selama pemeliharaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemiringan dasar bak 20° dengan 2 bak pengendapan menghasilkan tingkat padatan yang lebih rendah pada media pemeliharaan yaitu 20 sampai 30 ml/l. Pemeliharaan ikan menghasilkan ikan dengan total berat 37,1 kg. Nilai konversi pakan yang diperoleh adalah 1,6 dengan tingkat kelangsungan hidup 92%. Meskipun telah menerapkan sistem bioflok untuk menjaga kualitas air namun pergantian air tetap harus dilakukan sebanyak 30 sampai 40 % setiap lima hari pada dua minggu pertama pemeliharaan dan selanjutnya dilakukan setiap 3 sampai 4 hari hingga panen (Abidin, 2022)

Integrasi Bioflok dengan Akuaponik

Akuaponik adalah kombinasi akuakultur dan hidroponik untuk memelihara ikan dan tanaman dalam satu system yang saling terhubung (Diver, 2006). Sistem akuaponik ini memiliki kelebihan diantaranya adalah *zero environmental impact*, serta ramah lingkungan dengan menghasilkan ikan dan tanaman yang berkualitas baik tanpa menggunakan pupuk buatan, pestisida

ataupun herbisida. Sistem ini hemat air sehingga sangat berguna apabila diterapkan di wilayah dengan air yang terbatas. Pemanfaatan air pada system akuaponik dapat mencapai 90% lebih hemat dibandingkan budidaya secara konvensional. Akuaponik juga mudah diaplikasikan karena dapat dibangun dalam segala ukuran, diberbagai tempat, sesuai dengan kebutuhan, menghasilkan kualitas air yang baik bagi pertumbuhan ikan (Yustiati, 2020).

Aquaponik dan bioflok merupakan sistem budidaya perairan yang dirancang untuk mengurangi limbah nitrogen dengan pertukaran air yang minimal. Aquaponik mengurangi nitrat (NO_3^-) melalui peran tanaman sayur, sedangkan bioflok mengasimilasi amonium (NH_4^+) melalui bakteri pembentuk flok. Beberapa penelitian kombinasi teknologi bioflok dengan akuaponik dapat dilihat pada table 2 berikut.

Tabel 2. Hasil penelitian integrasi bioflok dengan akuaponik pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*)
Table 2. Research results on tilapia biofloc technology integrated with aquaponic

Desain Bioflok Nila	Hasil	Referensi
Perlakuan Bioflok, akuaponik dan kombinasi bioflok dengan akuaponik sebagai akuabioponik	Akuabioponik menunjukkan performa produksi terbaik ikan nila	Albani, et. al, 2023
Kombinasi bioflok dan akuaponik	Adanya pengaruh metode budi daya yang berbeda nyata terhadap parameter hasil produksi ikan nila yakni pertumbuhan bobot mutlak, laju pertumbuhan spesifik dan rasio konversi pakan.	Reynaldo, 2023
Integrasi Bioflok dan Akuaponik Aplikasi bioflok pada akuaponik	Kualitas air meningkat Adanya peningkatan kualitas air dan <i>Survival Rate</i> (SR)	Dewi, et. al, 2022 Ahmad, 2021

Pada penelitian performa produksi ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan keseimbangan mineral pada sistem budidaya akuaponik, bioflok, dan akuabioponik, dirancang kolaborasi antara akuaponik dan bioflok yang disebut akuabioponik. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi performa produksi ikan nila serta mengamati dinamika mineral P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, dan Cu dalam sistem tersebut. Selama pemeliharaan ikan, air tidak diganti, tetapi ditambahkan setiap 10 hari untuk mengganti volume air yang hilang. Sampling ikan dilakukan setiap 10 hari untuk menghitung panjang dan bobot. Akuabioponik menunjukkan

performa produksi ikan nila terbaik. Mineral Ca, Mg, Mn, Zn, dan Cu bersifat esensial pada sistem akuaponik dan akuabioponik, sedangkan Mg penting untuk sistem bioflok (Albani, 2023).

Salah satu bentuk integrasi Bioflok dan akuaponik diimplementasikan pada penelitian tentang perbaikan kualitas air (DO, BOD, COD, Cu, Fe, Zn) berbasis teknologi bioflok pada sistem akuaponik ikan nila. Secara umum konsentrasi DO, BOD, COD dan Cu sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan sedangkan untuk konsentrasi Zn melebihi baku mutu yang ditetapkan dan Fe belum dipersyaratkan. Hasil penelitian menunjukkan

bahwa sistem akuaponik dengan teknologi bioflok dapat memperbaiki dan meningkatkan kualitas air dan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan baik ditandai dengan tidak ada tanaman yang mati atau menguning dan juga dapat mengurangi jumlah ikan yang mati, walaupun masih terdapat parameter yang masih diatas baku mutu yang ditetapkan (Ahmad, 2021).

Dewi menyatakan bahwa penelitian sistem bioflok yang digabungkan dengan sistem akuaponik dapat mengurangi pergantian air dalam sistem budidaya sehingga lebih ramah lingkungan. Pengembangan sistem bioflok akuaponik menggunakan model RnD Borg dan Gall. Hasil pengukuran kualitas air dinyatakan layak untuk pengembangan sistem bioflok akuaponik sesuai SNI 7550:2009. Hasil uji homogenitas varians menunjukkan ketiga perlakuan bersifat homogen dan hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa $F_{hitung} > F_{tabel 5\%}$ (4,07) dan $> F_{tabel 1\%}$ (7,59). Hal tersebut menunjukkan bahwa pemberian probiotik komersil dapat meningkatkan performa bioflok terutama kualitas air pada sistem bioflok akuaponik ramah lingkungan (Dewi, 2022)

Budi daya ikan nila tidak terlepas dari dua kendala hasil produksi dan kesehatannya. Untuk itu perlu perbaikan teknologi pada media

pemeliharaan ikan nila. Penelitian Reynaldo tentang aplikasi akuaponik selada romaine, bioflok, dan kombinasinya terhadap hasil produksi serta profil hematologi pada ikan nila menunjukkan hasil bahwa pengaruh metode budi daya berbeda nyata terhadap parameter hasil produksi ikan nila yakni pertumbuhan bobot mutlak, laju pertumbuhan spesifik dan rasio konversi pakan. Masing-masing perlakuan sistem budi daya memberikan pengaruh peningkatan terhadap hasil analisis profil hematologi ikan nila (Reynaldo, 2023).

Penerapan Internet of Things (IoT) pada Bioflok Ikan Nila

Implementasi penerapan *Internet of Things (IoT)* pada teknologi bioflok yaitu dilakukan dengan menerapkan perangkat keras dan lunak sebagai pemantau kondisi budidaya bioflok Nila. Diharapkan pemantaun pH, suhu dan kadar nutrisi air dapat dilakukan secara jarak jauh melalui aplikasi mobile. Adanya perolehan data sewaktu, rekaman data, untuk mendapat data akurat dan berkala Instalasi Hardware, Pemograman dan Konfigurasi serta Kalibrasi alat.

Tabel 3. Hasil penelitian integrasi bioflok dengan *Internet of Things (IoT)* pada ikan nila
Table 3. Research results on tilapia biofloc technology integrated with IoT

Desain Bioflok Nila	Hasil	Sumber Literasi
Otomatisasi kendali suhu berbasis IoT	Hasil menunjukkan peningkatan produktivitas 15 % dan SR 97,9% bahwa sistem berhasil menjaga suhu air sesuai rentang optimal.	Rinanto et. al, 2025
Sistem monitoring kolam bioflok	Pembudidaya dapat dengan cepat melakukan tindakan korektif, meminimalkan risiko kematian ikan, dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya.	Pamungkas et. al, 2025

Sistem Pengendalian dan Pemantauan kolam dengan Google Firebase	Memantau kondisi kolam dan mengatur pempa air dan aerasi sesuai kondisi ideal, agar menjaga kualitas air untuk mendukung organisme air dan aplikasi seperti budidaya ikan	Permana et. al, 2022
Penerapan lot untuk pemantauan kualitas air	Hasil menunjukkan bahwa lot dapat menampilkan data kualitas air sewaktu	Wasito, et. al, 2024
Penggunaan Fuzzy Logic algorithm	Hasil pemantauan pemberian pakan pada pagi, siang, dan sore hari menunjukkan keberhasilan serta mampu mengirimkan notifikasi secara efektif.	Parenreng, et. al, 2022
Penggunaan Panel surya sebagai efisiensi energi	Penerapan sistem bioflok terbukti dapat menekan biaya pakan hingga 40%, sementara pemanfaatan panel surya mampu menghemat konsumsi listrik hingga 50%.	Anisa, et. al, 2025
Penerapan lot pada Bioflok Nila	Program ini menunjukkan bahwa integrasi antara IoT, teknologi bioflok, dan pemasaran digital dapat meningkatkan produktivitas, nilai tambah, serta keberlanjutan usaha budidaya ikan nila skala kecil di daerah pedesaan.	Muhaemin, et. al, 2026

Faktor-faktor lingkungan perairan seperti suhu, pH, oksigen terlarut, salinitas, dan kadar nutrisi dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup organisme akuatik. Mikroorganisme seperti bakteri, fungi, alga, dan/atau protista terakumulasi akibat keterbatasan pergantian air serta adanya sirkulasi air yang optimal (Khanjani, 2024).

Penelitian Rinanto menunjukkan hasil bahwa sistem berhasil menjaga suhu air sesuai rentang optimal, dengan rata-rata waktu operasional heater 9 jam per hari. Tingkat kelangsungan hidup ikan mencapai 97,9%, dan produktivitas meningkat 15% dibanding metode konvensional. Keberhasilan program ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi IoT dapat meningkatkan keberlanjutan budidaya ikan nila sekaligus mendukung kesejahteraan ekonomi masyarakat (Rinanto, et.al, 2025).

Penelitian Pamungkas bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring kualitas air berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang khusus untuk optimalisasi budidaya ikan nila. Sistem ini memanfaatkan sensor elektronik untuk memantau parameter penting seperti Total Dissolved Solids (TDS), pH, suhu, dan oksigen terlarut (DO). Data yang diperoleh diolah oleh mikrokontroler ESP32 dan ditampilkan secara realtime pada layar LCD, sehingga memudahkan peternak dalam memantau kondisi air. Fitur tambahan berupa alarm buzzer memberikan peringatan dini jika parameter kualitas air berada di luar ambang batas yang aman. Dengan sistem ini, peternak dapat dengan cepat melakukan tindakan korektif, meminimalkan risiko kematian ikan, dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya. Hasil implementasi sistem diharapkan mendukung keberlanjutan ekonomi dan lingkungan dalam budidaya ikan nila (Pamungkas, 2025)

Penelitian Permana (2022) tentang sistem pengendalian dan pemantauan kolam bioflok berbasis IoT (*Internet of Things*) dengan *Google Firebase* bertujuan untuk meningkatkan efisiensi sistem bioflok dalam perikanan air tawar melalui penggunaan teknologi mikrokontroler dan sensor. Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pusat pengendali yang terhubung dengan database melalui internet. Implementasi sistem yang dirancang dapat memantau dan mengontrol parameter-parameter penting seperti suhu dan kelembapan lingkungan, suhu air, pH air, TDS, dan turbiditas. Hasil penelitian berupa sistem yang dapat memantau kondisi kolam dan mengatur pompa air dan aerasi sesuai kondisi ideal, agar menjaga kualitas air untuk mendukung organisme air dan aplikasi seperti budidaya ikan.

Analisis Performa

Sistem IoT menjaga DO dan suhu lebih stabil (fluktuasi $<1^{\circ}\text{C}$ vs $3\text{-}5^{\circ}\text{C}$ manual), sehingga flok berkembang optimal sebagai pakan alami 20-30% kebutuhan ikan. Sistem Konvensional rentan gagal akibat monitoring manual yang lambat sementara IoT beri alert real-time. Kepadatan tebar aman hingga 300 ekor/ m^3 . ROI cepat: Panen lebih awal (2 bulan vs 3 bulan), biaya operasional turun 20-30% setelah investasi awal. Integrasi IoT bioflok dengan aplikasi mobile memungkinkan monitoring dan kontrol jarak jauh parameter air seperti pH, suhu, TDS, dan turbiditas melalui dashboard real-time.

KESIMPULAN

Teknologi bioflok terbukti menjadi salah satu inovasi budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang mampu meningkatkan produktivitas, efisiensi pakan, dan keberlanjutan lingkungan pada sistem akuakultur intensif. Berbagai inovasi pengembangan bioflok, seperti integrasi dengan *Internet of Things* (IoT), *Recirculating Aquaculture System* (RAS) serta akuaponik menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan efisiensi teknis dan ekonomi budidaya ikan nila. Pemilihan jenis bioflok untuk Ikan Nila dapat disesuaikan dengan aspek teknis, ekonomi, social dan lingkungan. Secara umum Inovasi pada Bioflok dalam budidaya Ikan Nila memiliki hasil yang lebih baik daripada system konvensional. Sistem ini dapat diterapkan pada tingkat pembudidaya dengan tujuan meningkatkan produksi dan dengan tetap mengikuti kaidah perikanan budidaya berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada para dosen pembimbing atas arahan dan diskusi ilmiahnya. Terima kasih juga kepada rekan mahasiswa dan keluarga atas dukungannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, I. (2021). *Perbaikan Kualitas Air (DO, BOD, COD, Cu, Fe, Zn) Berbasis Teknologi Bioflok Pada Sistem Akuaponik* (Doctoral dissertation, Universitas Andalas).
- Albani, R. I., Budiardi, T., Hadiroseyani, Y., & Ekasari, J. (2023). The Production Performance Of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) And Mineral Balance In Aquaponic,

- Biofloc, And Aquabioponic Culture Systems. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 22(1), 66–79.
- Anisa, Marisda, D. H., & Darwin, K. (2025). Penerapan sistem bioflok dalam budidaya ikan nila dengan pemanfaatan panel surya untuk efisiensi energi. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 9(6), 6450–6461. <https://doi.org/10.31764/jmm.v9i6.35268>
- Collier, D. (1993). *The comparative method*. In A. W. Finifter (Ed.), *Political Science: The State of the Discipline II*. American Political Science Association.
- Dailami, M., Rahmawati, A., Saleky, D., & Toha, A. H. A. (2021). *Ikan Nila*. Penerbit Brainy Bee.
- Dewi, E. R. S., & Ulfah, M. (2022). Performa bioflok pada sistem bioflok-akuaponik ramah lingkungan. *BIOMA: Jurnal Ilmiah Biologi*, 11(1), 121–134.
- Efendy, E. N., Syawallita, R. O., Zainuri, M., & Junaedi, A. S. (2023). Aplikasi pemberian probiotik yang berbeda ikan lele sangkuriang (*Clarias gariepinus*) di Desa Banyuajuh Kamal Bangkalan. *Journal of Indonesian Tropical Fisheries*, 6(2), 224–235.
- Hargreaves, J. (2006). Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquac. Eng.*, 34, 344–363.
- Istigfarini, Hafida., et. al. Pengelolaan Pesisir Dan Kelautan Dalam Studi Kasus Pengelolaan Ekosistem Bakau Di Kota Pariaman. (2025). *Journal Of Indonesian Tropical Fisheries* , 8(2), 53-62.
- Khanjani, M. H., Sharifinia, M., & Emerenciano, M. G. C. (2024). Biofloc technology (BFT) in aquaculture: What goes right, what goes wrong? A scientific-based snapshot. *Aquaculture Nutrition*, 2024(1), 7496572.
- KKP. (2024). *Rilis Data Kementerian Kelautan dan Perikanan Tahun 2024*.
- KKP. (2025). *Permen KP Nomor 18 tentang Renstra Kementerian Kelautan dan Perikanan Tahun 2025–2029*.
- KKP. (2025). *Rilis Data Kementerian Kelautan dan Perikanan Tahun 2025*.
- Muktitama, A. M., Hendra, D. K., Kusuma, Y. F., Lazuardi, B., Kuswandi, A., Nugrahawati, A., Taufik, I., & Kurniawan, A. (2025). Kinerja produksi ikan nila salin dengan sistem budidaya bioflok pada kolam terpal di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Salamata*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.15578/salamata.v7i1.15424>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71.
- Pamungkas, D. S., Aryeni, I., Toar, H., Suciningtias, I. K. L. N., Salwa, R. Y. D., Pangestu, U. R., Samosir, P. E., Hasanuddin, M., & Sirait, E. S. (2025). Sistem monitoring kolam bioflok bagi petani ikan nila di Pulau Batam. *Journal of Applied Community Engagement (JACE)*, 5(1), 18–27. <https://doi.org/10.52158/jace.v5i1.1128>
- Parenreng, J. M., Syahrul, Wahid, A., & Sary, D. W. (2022). Modern farming biofloc ponds for tilapia aquaculture based on the Internet of Things use a fuzzy logic algorithm. *Iota*, 2(4), 233–247. <https://doi.org/10.31763/iota.v2i4.548>
- Pattinasarany, M. M., Jutan, Y., Matakupan, J., Sahetapy, J. M., Palinussa, E. M., Anaktototy, Y. & Lekirupy, O. R. (2026). *Transformasi Perikanan Budidaya Indonesia: Menuju Akuakultur Modern dan Berkelanjutan*.
- Putra, I., Rusliadi, R., Pamukas, N. A., Suharman, I., Masjudi, H., & Darfia, N. E. (2022). Performa Pertumbuhan Ikan Nila Merah (*Oreochromis niloticus*) Pada Sistem Bioflok Dengan Frekuensi Pemberian Pakan Yang Berbeda. *Jurnal Riset Akuakultur*, 17(1), 15–21.
- Rahmania, W., Lumbessy, S. Y., & Lestari, D. P. (2023). Penambahan Tepung Rumput Laut *Eucheuma Cottonii* Hasil Fermentasi Bioflokulan Pada Pakan Komersil Ikan Nila (*Oreochormis niloticus*). *Journal of Indonesian Tropical Fisheries*, 6(1), 12–23.

- Raza, B., Zheng, Z., & Yang, W. (2024). A review on biofloc system technology, history, types, and future economical perceptions in aquaculture. *Animals*, 14(10), 1489.
- Reynaldo, R. (2023). *Aplikasi akuaponik selada romaine, bioflok, dan kombinasinya terhadap hasil produksi serta profil hematologi pada ikan nila Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758)*.
- Rinanto, Y., Fausyiah, G. F., Ramadhan, D. A., Nugrahaini, J. A., Rustanti, A. H., Jannah, D. M., Andini, G. F., Ahmad, Z. T. A., Sayyaf, T., Latifa, K., & Umayah, A. (2025). Otomatisasi kendali suhu di kolam bioflok dalam budidaya ikan nila di Kemuning berbasis IoT. *Jurnal SEMAR: Jurnal Ilmu Pengetahuan, Teknologi, dan Seni bagi Masyarakat*, 14(1), 209–218. <https://doi.org/10.20961/semar.v14i1.97988>
- Safsafubun, F. R., Undap, S. L., Salindeho, I. R. N., Pangemanan, N. P. L., Watung, J. C., & Pangkey, H. (2023). Fluktuasi parameter kualitas air dan perkembangan flok pada budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan sistem bioflok di BPBAT Talelu. *e-Journal Budidaya Perairan*, 11(2), 213–226
- Sinaga, H. S., Santikawati, S., Pi, S., Btr, L. W., Pi, S., Purba, S. Y. H. (2025). *Perencanaan Perikanan Budidaya Air Tawar Berbasis Teknologi*.
- Sucipto, A. (2024). *Biofloc in Tilapia: An Approach*.
- Yunarty, Kurniaji, A., Anton, Usman, Z., Wahid, E., & Rama, K. (2021). Pertumbuhan dan konsumsi pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dipelihara pada kepadatan berbeda dengan sistem bioflok. *Jurnal Sains Akuakultur Tropis*, 5(2), 197–203.
- Yustiati, A., Suryadi, I. B. B., Zidni, I., & Pratiwi, D. Y. (2020). *Sistem Budidaya Perikanan*. Unpad Press.